

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-293665

(43)Date of publication of application : 11.11.1997

(51)Int.Cl. H01L 21/027  
G03F 1/08

(21)Application number : 08-106985

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 26.04.1996

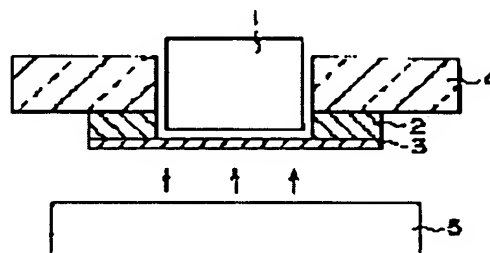
(72)Inventor : SUGIHARA SHINJI

## (54) MANUFACTURE OF X-RAY MASK AND MANUFACTURING DEVICE THEREOF

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method of manufacturing an X-ray mask, which reduces stress distribution in an X-ray absorber and lessens the strain of the position of a pattern in manufacturing the X-ray mask.

**SOLUTION:** A method of manufacturing an X-ray mask is provided with a process of forming an X-ray transmissive film 3 on a mask supporting material, a process of forming a window region on the rear of the above mask supporting material by etching away a prescribed region on the rear and a process of forming an X-ray absorber film on the film 3. The process of forming this X-ray absorber film is executed while the temperature of this film 3 is corrected by a temperature correcting member 1, which is arranged separately from the window region formed on the rear of the film 3 and in close proximity to the window region.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-293665

(43) 公開日 平成9年(1997)11月11日

(51) Int.Cl.<sup>4</sup>

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 1/08

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 21/30

G 0 3 F 1/08

技術表示箇所

5 3 1 M

A

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-106985

(22) 出願日 平成8年(1996)4月26日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 杉原 真児

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝川崎事業所内

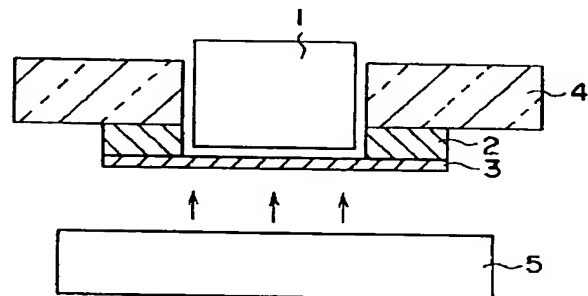
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 X線マスクの製造方法およびその製造装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 X線マスク製造において、X線吸収体の応力分布を低減し、パターン位置歪みの小さいX線マスクを製造する方法を提供する。

【解決手段】 マスク支持体上にX線透過膜3を形成する工程と、前記マスク支持体の裏面の所定の領域をエッチング除去してウインドウ領域を形成する工程と、前記X線透過膜上にX線吸収体膜を形成する工程とを具備する方法である。前記X線吸収体膜を形成する工程は、前記X線透過膜の裏面に形成されたウインドウ領域に離間・近接して配置された温度補正部材1により、このX線透過膜3の温度を補正しつつ行なわれる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスク支持体上にX線透過膜を形成する工程と、

前記マスク支持体の裏面の所定の領域をエッチング除去してウインドウ領域を形成する工程と、

前記X線透過膜上にX線吸収体膜を形成する工程とを具備し、

前記X線吸収体膜を形成する工程は、前記X線透過膜の裏面に形成されたウインドウ領域に離間・近接して配置された温度補正部材により、このX線透過膜の温度を補正しつつ行なわれることを特徴とするX線マスクの製造方法。

【請求項2】 前記温度補正部材に、前記X線透過膜の温度分布を低減するような温度勾配を設定する請求項1に記載のX線マスクの製造方法。

【請求項3】 前記X線透過膜からの前記温度補正部材の距離を、前記X線透過膜の温度分布を低減するように制御する請求項1に記載のX線マスクの製造方法。

【請求項4】 マスク支持体により支持され、その裏面の所定の領域にウインドウ領域が設けられたX線透過膜の表面にX線吸収体膜を形成する成膜装置であり、前記X線透過膜の温度を制御するための温度補正部材が、前記X線透過膜の裏面に形成されたウインドウ領域に離間・近接して配置されていることを特徴とするX線吸収体成膜装置。

【請求項5】 前記温度補正部材と前記X線透過膜との距離が、前記ウインドウ領域の中央部と端部とで異なり、ウインドウ領域の端部における距離が中央部における距離より小さい請求項4に記載のX線吸収体成膜装置。

【請求項6】 前記温度補正部材は、前記X線マスクの裏面に形成されたウインドウ領域の中央部に相当する領域に貫通穴が設けられている請求項4に記載のX線吸収体成膜装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、X線露光用マスクの製造方法、およびその製造装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体デバイスのパターンサイズは微細化の一途を辿っており、このようなパターンの微細化に伴って、回路パターンを露光基板上に転写するためのリソグラフィー技術には、さらなる高精度化が要求されている。

【0003】 光リソグラフィー技術は、露光光源の短波長化、レジストの解像力増加、位相シフトマスクや超解像技術の導入により、0.15 $\mu$ mルールのデバイスへの適用の展望が開けた。しかしながら、光リソグラフィーにはArFエキシマレーザー等の短波長光学系の確立、レジストの開発、マスクの欠陥検査・修正技術の確立な

ど克服すべき課題は多い。このような光リソグラフィーに代わる微細加工技術としての電子ビーム（EB）直接描画では、キャラクタ・プロジェクション法による高速化が推進されているものの、描画精度とスループットとの双方を満足することは容易ではない。

【0004】 そこで、光リソグラフィーの次の世代を担う技術としてX線リソグラフィーが有望視されている。ここで用いられるX線は、従来の露光光に比して波長が遙かに短いために回折の影響が極めて小さく、しかも、光源として放射光を用いることにより、光リソグラフィーの課題であるフォーカスマージンを大きくすることができるという利点を有している。しかしながら、X線は多くの材料に対する屈折率がほぼ1であるため、屈折光学系を使用することができず、現在は等倍転写が主流とされている。したがって、X線露光用マスクの表面に設けられるX線吸収体パターンは、実デバイスと同サイズで形成されていることが要求される。これらの経緯から、X線リソグラフィーが克服すべき問題の一つとして、X線吸収体の微細加工技術およびその位置精度の向上が挙げられる。

【0005】 露光基板上では高いコントラストが必要とされるため、X線吸収体は厚さ1ないし2 $\mu$ m程度のX線透過膜上に、主としてX線阻止能力の高い重金属で形成される。このようにX線吸収体は薄膜上に形成されるため、形成されたパターンの位置歪みを抑えるには、X線吸収体の高精度な応力制御と均一性の向上が要求されている。

【0006】 現行プロセスでは、X線透過膜はまずSi基板上に成膜された後、ウェットエッチング法を用いて裏面からSi基板の所定の領域を取り除くことによって薄膜化してウインドウ領域を形成している。X線吸収体をX線透過性薄膜上に形成した後にこの薄膜化工程を行なう場合、X線透過膜の応力が開放され、膜の伸縮が生じ、これに起因してX線吸収体膜に応力変化が生じる。そのため、X線吸収体膜は、ウインドウ領域を形成した後にX線透過膜上に形成することが望ましい。

【0007】 X線吸収体の成膜においては、主として応力制御に適したスパッタリング法が用いられており、成膜後のアニールやイオン注入等による応力調整法も確立されている。しかしながらこれらの方法では、応力の面内分布を補正することはできないため、パターン位置歪みを解消するには、X線吸収体の成膜時における面内の応力分布を低減しなければならない。しかし、薄膜化されたX線透過膜上への成膜の場合には成膜中の温度制御が困難であるため、均一性に優れた低応力のX線吸収体の形成をより困難なものとしている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、X線マスク製造の一工程であるX線吸収体の成膜において、X線透過性薄膜上にX線吸収体を低応力、高い均一性で

成膜する方法を提供することにある。また、本発明の目的は、均一性に優れたX線吸収体膜を、X線透過膜上に形成し得るX線吸収体成膜装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は、マスク支持体上にX線透過膜を形成する工程と、前記マスク支持体の裏面の所定の領域をエッチング除去してウインドウ領域を形成する工程と、前記X線透過膜上にX線吸収体膜を形成する工程とを具備し、前記X線吸収体膜を形成する工程は、前記X線透過膜の裏面に形成されたウインドウ領域に離間・近接して配置された温度補正部材により、このX線透過膜の温度を補正しつつ行なわれることを特徴とするX線マスクの製造方法を提供する。

【0010】前記温度補正部材には、前記X線透過膜の温度分布を低減するような温度勾配を設定することが好ましい。さらに、前記X線透過膜からの前記温度補正部材の距離を、前記X線透過膜の温度分布を低減するように制御することが好ましい。

【0011】また、本発明は、マスク支持体により支持され、その裏面の所定の領域にウインドウ領域が設けられたX線透過膜の表面にX線吸収体膜を形成する成膜装置であり、前記X線透過膜の温度を制御するための温度補正部材が、前記X線透過膜の裏面に形成されたウインドウ領域に離間・近接して配置されていることを特徴とするX線吸収体成膜装置を提供する。

【0012】前記温度補正部材と前記X線透過膜との距離が、前記ウインドウ領域の中央部と端部とで異なり、ウインドウ領域の端部における距離が中央部における距離より小さいことが好ましい。さらに、前記温度補正部材は、前記X線マスクの裏面に形成されたウインドウ領域の中央部に相当する領域に貫通穴が設けられていることが好ましい。

【0013】

【発明の実施の形態】通常、薄膜化されたX線透過膜上にスパッタリング法などによりX線吸収体膜を形成する場合には、このX線透過膜が薄膜であるゆえに熱伝導が抑えられて、薄膜の周辺部と中央部との間に温度差が生じる。すなわち、X線透過膜上に大きな温度分布が発生する。膜形成後の応力は成形時の温度に強く依存するため、X線透過膜に生じた温度分布により、この上に形成されるX線吸収体膜の応力に分布が生じてしまう。

【0014】本発明者らは、このような膜形成時の温度分布を抑えることを種々検討し、本発明を成すに至った。図1に、本発明のX線マスクの製造方法の概念図を示す。図1に示すように、本発明の方法においては、X線透過膜3の表面にスパッタリング法によりX線吸収体膜を形成するに当たって、X線透過膜3の裏面に近接して温度補正部材1を配置しているので、X線透過膜3の温度分布を低減することができた。すなわち、温度補正

部材1からの輻射熱等によって支持体上の温度差が低減され、結果としてX線透過膜上に形成されるX線吸収体膜の応力分布が低減される。

【0015】温度補正部材1のX線透過膜3からの距離は、成膜条件（ガス圧力、印加電力）等に応じて適宜選択することができるが、例えば、0.01～0.5mm程度とすることが好ましい。0.01mm未満では、制御することが困難となり、一方0.5mmを超えると、十分な温度補正効果を発揮できないおそれがある。

【0016】また、温度補正部材1は、例えば、その断面において一定の温度に設定して用いることができる。この場合、設定温度は、成膜条件等に応じて適宜決定することができるが、例えば、100～500℃程度とすることができる。

【0017】なお、従来の方法によりX線透過膜上にX線吸収体膜を成膜した際の成膜中のX線透過膜の温度分布の一例を、図2のグラフに示す。X線透過膜としては、薄膜化したSiC膜（厚さ1μm）を使用し、この上にスパッタリング法によりX線吸収体としてのW-Re膜を成膜した。図2に示されるように、X線透過膜の中央部と端部とでは、±15%以上の温度分布が生じており、これに起因して同程度のレベルの応力分布が発生する。

【0018】図3には、本発明の方法により温度補正部材をX線透過膜の裏面に設置してX線吸収体膜を形成した際の温度分布を示す。ここで、X線透過膜としては、前述と同様の厚さ1μmのSiC膜を使用し、300℃に設定された温度補正部材1を前記X線透過膜から0.1mmの距離に配置して、図1に示すような構成で成膜を行なった。図3のグラフに示されるように、X線透過膜の中央部と端部との温度分布±10%以下に収まっており、応力分布もこれと同等のレベルまで低減できることが予測される。

【0019】なお、本発明のX線吸収体成膜装置の概略は、図4に示すとおりである。真空チャンバー8内には、マスク基板6の裏面側に近接するように温度補正部材1が配置されており、この温度補正部材は温度制御系7により制御される。かかる状態でスパッタリング法により成膜することによって、低応力、高い均一性のX線吸収体膜が得られる。

【0020】また、本発明の方法においては、X線透過膜の温度分布を相殺するような温度分布を温度補正部材1に設けてもよい。図5のグラフには、温度補正部材の温度分布の一例を示している。このように温度が調節された温度補正部材を、X線透過膜から0.1mmの間隔で配置したところ、X線透過膜上の温度分布は、図5のグラフに示されるように±5%以下に収まった。すなわち、X線透過膜の温度分布を打ち消すような形の温度分布を温度補正部材に設定することによって、X線透過膜の温度の均一性が大幅に改善されることがわかる。

【0021】なお、温度補正部材1に設けられる温度分布は、ここで示した例に限定されるものではなく、X線透過膜の温度分布を低減するように、その温度勾配等を適宜決定することができる。

【0022】あるいは、図6に示すように、X線透過膜3に対向する面に凹凸が設けられた温度補正部材9を用いることもできる。温度補正部材9は、X線透過膜3の中央部では、X線透過膜3との距離が大きく、一方、X線透過膜3の裏面に形成されたウインドウ領域の端部では、X線透過膜3との距離が小さくなるような断面形状を有している。このような断面形状とすることで、X線透過性薄膜上の輻射熱量に分布が生じるため、温度補正部材に温度分布を与えた場合と同様の効果が得られ、X線透過膜の面内温度の均一性は向上する。なお、この場合、温度補正部材の断面形状は、図6に示した形状に限定されるものではなく、X線透過膜の温度分布を低減するように、X線透過膜との距離がウインドウ領域の端部において小さくし、一方、ウインドウ領域の中央部において大きくした任意の形状とすることができる。

【0023】さらに、場合によっては、図7に示すように、ウインドウ領域の中央部に相当する領域に貫通穴を有する温度補正部材10を用いることもできる。このようなリング状の温度補正部材は、X線透過膜裏面の温度を赤外線によりモニターする場合に特に有効であり、この温度補正部材をX線透過膜から0.1mmの距離に配置したところ、成膜中の薄膜の温度分布は、図8のグラフに示されるように±7%に低減された。

【0024】なお、温度補正部材の温度分布や輻射熱量等を変化させる方法は、上述した方法に限定されるものではなく、例えば、温度補正部材とX線透過膜との間隔を制御する機構を設けることによって達成することもできる。このような機構を用いてX線透過膜からの温度補正部材の距離を制御することによって、スパッタリングガス圧力、印加パワーやターゲットと基板との間の距離など、異なる成膜条件においてもX線透過膜の温度を容易に制御することができる。

【0025】以下、具体例を示して本発明をより詳細に説明する。図9および10は、本発明の一実施形態に関わるX線マスクの製造工程を表す断面図である。

【0026】予め、次のようにしてSi基板に表面処理を施しておく。まず、高周波加熱方式のLPCVD装置を用いて、グラファイトにSiCをコーティングしたサセプタ上に、厚さ600 $\mu$ m、面方位(100)の両面研磨した3インチSi基板を設置した。次いで、1100 $^{\circ}$ CでHClガスによりSi基板の気相エッチングを施すことにより、Si基板上に依存する自然酸化膜および重金属類等の汚染物を除去した。

【0027】このように表面処理されたSi基板を用いて、以下の工程でX線透過膜およびX線吸収体膜を形成した。まず、成膜装置内に表面処理後のSi基板を配置

し、Si原料としてのシラン(SiH<sub>4</sub>)、C原料としてのアセチレン(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)、および添加ガスとしての塩化水素(HCl)を供給して、基板温度1100 $^{\circ}$ Cの条件のもと、図9(a)に示すようにSi基板2上にSiC膜(X線透過膜)3を1 $\mu$ mの膜厚で形成した。

【0028】次に、マスク支持体であるSi基板2を、厚さ4mm、内径52mmの石英補強枠4と直接接合により接合した。この石英補強枠4をエッチングマスクとして弗酸および硝酸の混合液によりSi基板2の中央部を除去し、図9(b)に示すようにSi基板2の裏面の52mm $\phi$ の開口部(ウインドウ領域)を形成した。

【0029】続いて、SiC膜3の上にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜11およびW-Re膜12をスパッタリング法により順次形成した。なお、ここで形成されたW-Re膜12は、X線吸収体としての重金属膜であり、300Wの印加RF電力のもと、高い密度のW-Re膜を形成可能で、かつ応力がほぼ0となる条件であるガス圧力(2.35Pa)で成膜した。このW-Re膜12を成膜する際には、図1に示したようにSiC膜3の裏面から0.1mmの距離に、300 $^{\circ}$ Cに設定された温度補正部材を配置して、応力の均一性制御を行なった。

【0030】さらに、W-Re膜12の応力の絶対値を低減させるために、このW-Re膜12にエネルギー180keV、ドーズ量 $3 \times 10^{15}$  atoms/cm<sup>2</sup>でArイオン注入を行なった。その後、W-Re膜12上に、スパッタリング法によりCr膜13を50nmの膜厚で成膜して、図9(c)に示すような構造を得た。

【0031】次いで、図9(d)に示すように、Cr膜13上に電子ビーム描画用レジストを膜厚300nmで塗布し、N<sub>2</sub>雰囲気中で170 $^{\circ}$ Cに加熱してレジスト中の溶媒を除去してレジスト膜を形成した。続いて、EB描画装置によりドーズ量90 $\mu$ C/cm<sup>2</sup>で描画を行なった後、専用現像液を用いて現像処理を施して所望のレジストパターン14を形成した。

【0032】その後、図10(a)に示すように、マグネトロンRIE装置により、Cl<sub>2</sub>およびO<sub>2</sub>混合ガスを用いて、レジストパターン14をマスクとしてCr膜713をエッチングした。さらに、図10(b)に示すように、O<sub>2</sub>プラズマ処理によりレジストパターン14を除去し、マグネトロンRIE装置により、SF<sub>6</sub>およびCHF<sub>3</sub>混合ガスを用いて、Cr膜13をマスクとしてW-Re膜12を選択エッチングした。

【0033】最後に、図10(c)に示すように、SiC膜3の裏面に反射防止膜としてAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜15をスパッタリング法により成膜した。以上の方法により成膜したX線マスクのパターン位置歪みを、レーザーを用いた位置検査装置を用いて測定したところ、従来の製造法により製作したX線マスクより3 $\sigma$ 値において0.03 $\mu$ m向上することが確認された。

【0034】なお、本発明は上述した例に限定されるも

のではなく、適宜変更して実施することができる。例えば、X線透過性薄膜はSiCに限らず、SiN、BN、ボロンドープしたSiまたはダイヤモンドを用いることができ、反射防止膜としては、酸化アルミニウム以外にも、SiO<sub>2</sub>、SOG、またはITOなどを用いてもよい。また、X線吸収体はW-Reに限らず、WあるいはW-Ti、W-N、さらにはTa等のスパッタリング法で成膜可能な金属を用いて形成することが可能である。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

#### 【0035】

【発明の効果】以上、詳述したように本発明によれば、低応力かつ面内均一性に優れたX線吸収体を形成することができる。本発明の方法により製造されたX線マスクは、パターン位置精度が優れているので、かかるX線マスクを用いることによってX線リソグラフィの精度を著しく向上させることができ、その工業的価値は絶大である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明で用いられる温度補正部材に関する概念図。

【図2】従来方法の成膜時X線透過性薄膜の温度分布を表すグラフ図。

【図3】本発明における成膜時X線透過性薄膜の温度分布を表すグラフ図。

【図4】本発明のX線吸収体成膜装置の一例を表す概略図。

【図5】本発明における成膜時X線透過性薄膜の温度分布を表すグラフ図。

【図6】本発明の方法で用いられる温度補正部材に関する概念図。

【図7】本発明の方法で用いられる温度補正部材に関する概念図。

【図8】本発明における成膜時X線透過性薄膜の温度分布を表すグラフ図。

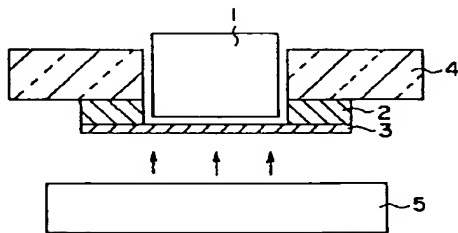
【図9】本発明の一実施形態に関わるX線マスクの製造工程を示す断面図。

【図10】本発明の一実施形態に関わるX線マスクの製造工程を示す断面図。

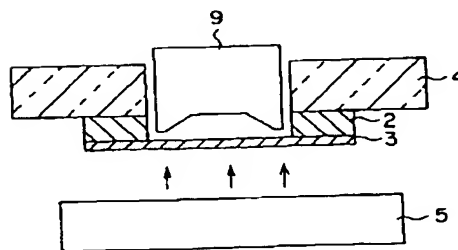
#### 【符号の説明】

- 1、9、10…温度補正部材
- 2…Si基板
- 3…SiC（X線透過膜）
- 4…石英補強枠
- 5…スパッタターゲット
- 6…マスク基板
- 7…温度制御系
- 8…真空チャンバー
- 11…Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜
- 12…W-Re膜（X線吸収体膜）
- 13…Cr膜
- 14…電子ビームレジストパターン
- 15…Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜

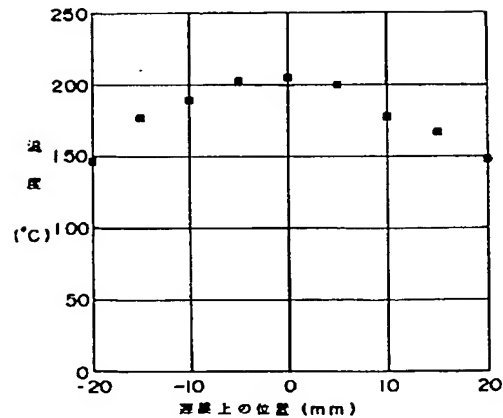
【図1】



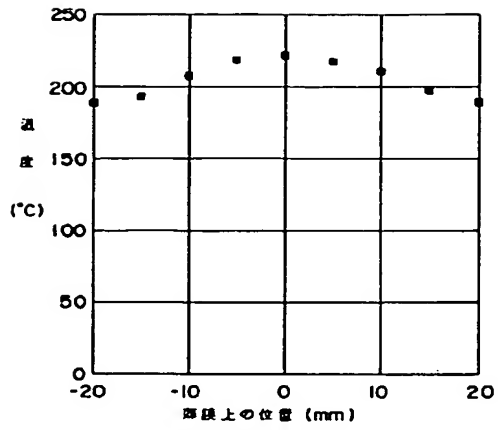
【図6】



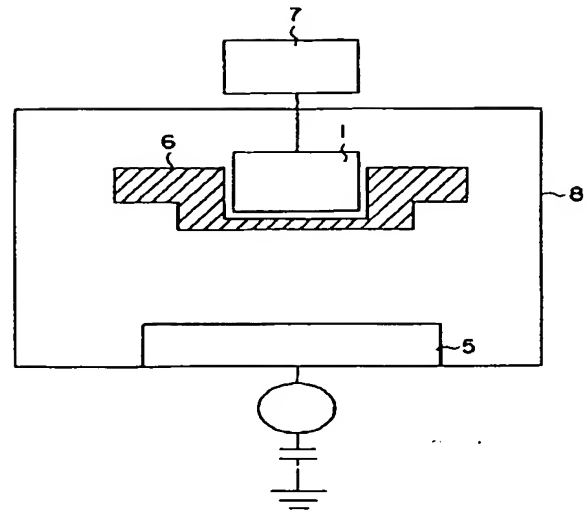
【図2】



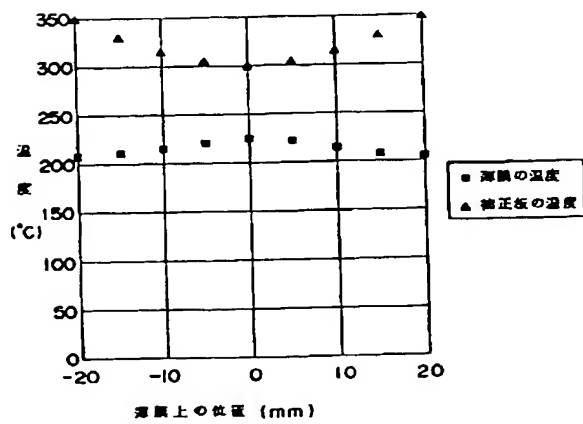
【図 3】



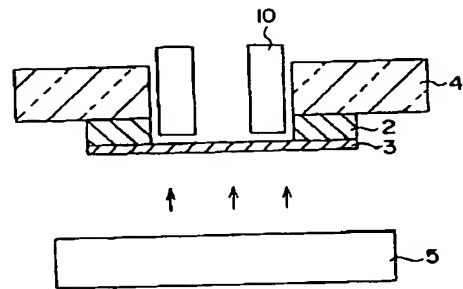
【図 4】



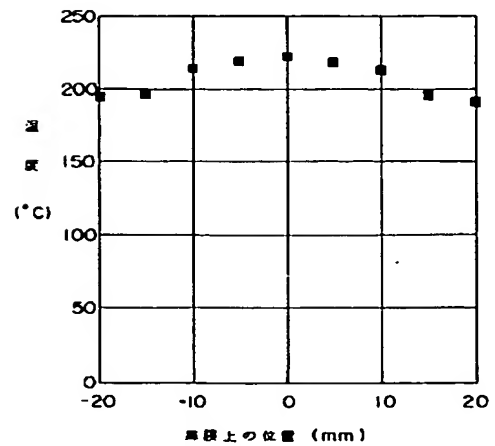
【図 5】



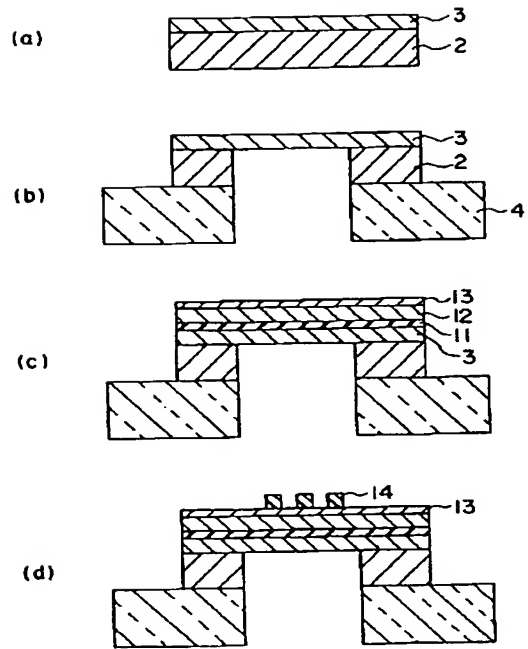
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

